ISSN 2075-9083 (Print)
ISSN 2075-9075 (Onlline)

JURNAL TEKNIK KIMIA VOKASIONAL

Vol. 5, No. 2, September 2025, hal. 70–76
doi: 10.46964/jimsi.v5i2.1803

PENCEGAHAN KENDALA DALAM TRANSFER *PRODUCED WATER* NILAM KE BADAK DENGAN SIMULASI & ANALISIS PENGGANTIAN PIPA 12" HDPE MENJADI PIPA 6" CS

Ibnu Eka Rahayu[1,*)] dan Ahmad Rijal[2)]

[1,2)] Program Studi D4 Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda, Indonesia

[*)] Email : ibnu.polnes@gmail.com

Received : 10-09-2025; Revised: 30-09-2025; Accepted:30-09-2025)

Abstrak

Produced water merupakan limbah cair utama pada proses produksi minyak dan gas bumi yang harus ditransfer secara aman menuju fasilitas pengolahan. Sistem transfer produced water Lapangan Nilam saat ini menggunakan pipa 12" HDPE, namun material ini memiliki keterbatasan terhadap tekanan tinggi dan potensi deformasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis kelayakan teknis penggantian pipa 12" HDPE menjadi pipa 6" carbon steel (CS) melalui simulasi hidraulik menggunakan Aspen HYSYS dan perhitungan lanjutan menggunakan Microsoft Excel. Variabel utama yang dianalisis meliputi pressure drop, kecepatan aliran, dan batas maksimum panjang pipa pengganti yang masih aman secara operasional. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pressure drop pipa 6" lebih besar dibandingkan pipa 12", sehingga diperlukan evaluasi panjang maksimum pipa yang dapat diganti. Hasil analisis menunjukkan bahwa pipa 12" hanya dapat diganti dengan pipa 6" CS sepanjang maksimum 2.025,97 meter, sebelum pressure drop dan pressure surge melebihi batas aman operasional. Dengan demikian, penggantian pipa hanya dapat dilakukan secara parsial dan tidak disarankan mengganti seluruh jalur pipa eksisting.

Kata kunci: *produced water*; *pressure drop*; hidraulika pipa; Aspen HYSYS; *carbon steel*.

Abstract

Produced water is the main liquid waste in the oil and gas production process that must be safely transferred to the processing facility. The current produced water transfer system in the Nilam Field uses 12" HDPE pipes, but this material has limitations in terms of high pressure and potential deformation. This study aims to analyze the technical feasibility of replacing 12" HDPE pipes with 6" carbon steel (CS) pipes through hydraulic simulations using Aspen HYSYS and further calculations using Microsoft Excel. The main variables analyzed include pressure drop, flow velocity, and the maximum limit of the replacement pipe length that is still operationally safe. The simulation results show that the pressure drop of 6" pipes is greater than that of 12" pipes, so an evaluation of the maximum length of the pipe that can be replaced is necessary. The analysis results show that 12" pipes can only be replaced with 6" CS pipes with a maximum length of 2,025.97 meters, before the pressure drop and pressure surge exceed the operational safety limit. Thus, pipe replacement can only be done partially and it is not recommended to replace the entire existing pipeline.

Keywords: *produced water; pressure drop; pipe hydraulics; Aspen HYSYS; carbon steel.*

ISSN 2775-9083 (Print)
ISSN 2775-9075 (Online)

PENDAHULUAN

Produced water merupakan air limbah hasil samping proses produksi minyak dan gas bumi yang mengandung campuran air formasi, air injeksi, hidrokarbon, serta berbagai senyawa kimia. Kandungan tersebut menjadikan *produced water* sebagai limbah yang harus ditangani secara tepat karena berpotensi menimbulkan pencemaran tanah, air permukaan, dan kualitas udara apabila tidak dikelola dengan baik. Pada industri migas, salah satu metode penanganannya adalah dengan memindahkan *produced water* ke fasilitas pengolahan menggunakan sistem perpipaan (H. Effendi, 2007 dalam Salsabila dkk., 2024).

Sistem perpipaan berperan penting dalam menjaga kelancaran transportasi fluida dari lapangan produksi menuju fasilitas pengolahan. Kinerja sistem perpipaan dipengaruhi oleh berbagai aspek, seperti material pipa, diameter pipa, kondisi aliran, rugi tekanan (*pressure drop*), serta kemampuan pompa dalam mempertahankan tekanan operasi. Perubahan diameter pipa dapat memengaruhi kecepatan fluida, nilai *Reynolds number*, turbulensi, dan besarnya *pressure drop*, sehingga diameter pipa harus disesuaikan agar aliran tetap stabil dan aman (Armansyah, 2021). Selain itu, pemilihan material pipa seperti HDPE dan Carbon Steel juga berpengaruh pada ketahanan terhadap tekanan, suhu, gesekan, dan korosi.

Pada sistem transfer *produced water* Nilam–Badak, pipa 12” HDPE digunakan sebagai jalur distribusi utama. Pipa ini unggul dalam ketahanan korosi, fleksibilitas, serta biaya perawatan yang rendah. Namun, HDPE memiliki keterbatasan terutama pada kemampuan menahan tekanan tinggi serta potensi deformasi pada kondisi operasi tertentu (Hariz, 2018). Sebagai alternatif, pipa Carbon Steel (CS) memiliki kekuatan mekanis lebih baik serta lebih tahan terhadap tekanan tinggi, namun rentan korosi dan membutuhkan perawatan lebih intensif (Nasrudin dkk., 2021). Oleh karena itu, analisis teknis diperlukan sebelum memutuskan apakah pipa 12” HDPE dapat digantikan dengan pipa 6” CS.

Kajian hidraulika aliran fluida dalam pipa sangat penting untuk memahami dampak perubahan diameter dan material terhadap performa aliran. Parameter seperti *pressure drop*, *friction factor*, panjang pipa, viskositas fluida, serta densitas fluida menentukan seberapa besar kehilangan tekanan yang terjadi sepanjang aliran (Wicaksono dkk., 2021). Untuk memprediksi perilaku sistem perpipaan secara lebih akurat, diperlukan bantuan perangkat lunak simulasi. Aspen HYSYS merupakan software yang secara luas digunakan di industri migas untuk memodelkan aliran fluida, menghitung *pressure drop*, dan mengevaluasi performa sistem perpipaan pada berbagai skenario operasi.

Dengan menggunakan Aspen HYSYS dan analisis lanjutan, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi dampak penggantian pipa 12” HDPE dengan pipa 6” Carbon Steel pada sistem transfer *produced water* Nilam–Badak. Evaluasi ini bertujuan memastikan aspek keselamatan, efisiensi, dan kelayakan operasional tetap terjaga apabila perubahan material dan diameter pipa diterapkan (Dimawarnita dkk., 2021).

METODOLOGI

Proses pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

A. Studi Pustaka

B. Pengumpulan Data

Data – data yang digunakan untuk melakukan simulasi dan analisis pergantian pipa transfer *produced water* dari pipa 12” HDPE menjadi pipa 6” CS diperoleh dari data aktual di lapangan. Data-data tersebut meliputi:

- Data kondisi operasional (*flowrate, pressure, temperature,* Komposisi)
- Data pompa (ΔP, Efisiensi)
- Data pipa (Diameter, panjang, material, *roughnes*, *pipe cells*)

C. Simulasi Penggantian pipa 12” HDPE menjadi pipa 6” CS Menggunakan Aspen HYSYS

1. Membuka *Softawarw* Aspen HYSYS
2. Mengklik ‘New’ pada tampilan awal Aspen HYSYS
3. Klik ‘*Add*’ pada *Componen Lists*
4. Masukkan H_2O sebagai *componen lists*
5. Klik ‘*Add’* pada *fluid packages*
6. Gunakan ‘ASME Steam’ sebagai *fluid packages*

ISSN 2775-9083 (Print)
ISSN 2775-9075 (Online)

7. Memulai simulasi dengan menklik menu '*Simulation*'
8. Pada Model Palette, pilih tab *'Piping & Hydraulics'*, kemudian klik ikon *'Aspen Hydraulics Sub-Flowsheet'* untuk menambahkan *sub-flowsheet* ke dalam simulasi
9. Pada Model Palette, pilih tab *'Piping & Hydraulics'*, kemudian klik ikon *'Aspen Hydraulics Sub-Flowsheet'* untuk menambahkan *sub-flowsheet* ke dalam simulasi
10. Buka tab *Palette* dan pastikan berada pada kategori *Piping*. Selanjutnya, klik ikon pompa dan letakkan satu unit pompa pada *flowsheet*. Setelah itu, klik ikon pipa dan tambahkan empat buah pipa dengan menghubungkannya sesuai jalur perpipaan yang diinginkan
11. Buka stream 104 isi *'Compotition'* dengan 1,000 molar. Dan pada menu *'Conditions'* isi *flow rate,* tekanan, dan *temperature* sesuai data yang ditentukan
12. Kemudian mengisi data pada pipe 103
    - Pipe Schedule : Schedule STD
    - Nominal Diameter : 6 inch
    - Length : 50 meter
    - Material of Construction : Mild Steel
    - Roughness : 0,00015 ft
    - Pipe Cells : 5
13. Selanjutnya, mengisi data pada Pompa
    - Delta P : 105 psi
14. Mengisi data pada *Pipe* 100
    - Pipe Schedule: Schedule STD
    - Nominal Diameter : 6 inch
    - Length : 8000 meter
    - Material of Construction : Plastic Tubing
    - Roughness : 0,1 ft
    - Pipe Cells : 5
15. Mengisi data pada *Pipe* 101
    - Pipe Schedule : Schedule STD
    - Nominal Diameter : 6 inch
    - Length : 500 meter
    - Material of Construction : Mild Steel
    - Roughness : 0,1 ft
    - Pipe Cells : 5
16. Mengisi data pada *Pipe* 102
    - Pipe Schedule : Schedule STD
    - Nominal Diameter : 6 inch
    - Length : 3.500 meter
    - Material of Construction : Plastic Tubing
    - Roughness : 0,1 ft
    - Pipe Cells : 5
17. Kemudian, mengisi data pada *Boundary* dengan mengklik *'Set System Constrains'*
18. Mencentang *'Pressure Constraint'* dan *'Flow Constraint'*
19. Ulangi langkah 1 sampai 18 untuk simulasi pipa 12 inch dengan data panjang pipa sebagai berikut:
    - Pipe 103 : 50 meter
    - Pipe 100 : 24.000 meter
    - Pipe 101 : 1.500 meter
    - Pipe 102 : 10.500 meter

D. Perhitungan analisis penggantian pipa 6" HDPE menjadi pipa 12" CS

1. Total *Pressure Drop*

$$\Delta P_{total} = P_{discharge} - P_{akhir} \text{.....(1)}$$

Keterangan:

ΔP_{total} = Total *pressure drop* (psi)

$P_{discharge}$ = *Discharge pompa* (psi)

ISSN 2775-9083 (Print)
ISSN 2775-9075 (Online)

P_{akhir} = Tekanan outlet (psi)

2. *Pressure drop* per meter atau gradien penurunan tekanan dalam sistem perpipaan

$$\frac{\Delta P}{L} \text{.....(2)}$$

Keterangan:

$\Delta P/L$ = *Pressure drop* per meter (psi/m)
ΔP = Total *pressure drop* (psi)
L = Panjang pipa (m)

3. Panjang pipa pengganti

$$L_{ganti} = \frac{\Delta P_{aktual}}{\text{Pressure Drop Per meter Pipa 12 inch}} \text{.....(3)}$$

L_{ganti} = Panjang pipa pengganti (m)
ΔP_{aktual} = *Pressure drop* aktual (psi)

4. *Pressure drop* aktual

$$\Delta P_{aktual} = L_{pipa\ pengganti} \times \frac{\Delta P}{L}_{\text{pipa 12 inch}} \text{.....(4)}$$

Keterangan:

ΔP_{aktual} = *Pressure drop* aktual (psi)
$L_{pipa\ pengganti}$ = Panjang pipa pengganti (m)
$\Delta P/L$ = *Pressure drop* permeter (psi/m)

5. *Pressure drop* 6 inch

$$\Delta P_{pipa\ 6\ inch} = \frac{\Delta P_{aktual} \times \frac{\Delta P}{L}_{\text{pipa 6 inch}}}{\frac{\Delta P}{L}_{\text{pipa 12 inch}}} \text{.....(5)}$$

$\Delta P_{pipa\ 6\ inch}$ = *Pressure drop* pipa 6 inch (psi)
ΔP_{aktual} = *Pressure drop* aktual (psi)
$\Delta P/L_{pipa\ 6\ inch}$ = *Pressure drop* per meter pipa 6 inch (psi/m)
$\Delta P/L_{pipa\ 12\ inch}$ = *Pressure drop* per meter pipa 12 inch (psi/m)

6. *Pressure Discharge*

$$P_{Discharge\ Surge} = \text{Faktor koreksi} \times P_{Discharge} \text{....(6)}$$

$P_{discharge\ surge}$ = *Pressure discharge surge (psi)*
$P_{discharge}$ = *Pressure discharge (psi)*

7. *Pressure Surge Increment*

$$P_{Surge\ Increment} = P_{Discharge\ Surge} - P_{Discharge} \text{.....(7)}$$

Keterangan:

$P_{Surge\ Increment}$ = *Pressure Surge Increment (psi)*
$P_{Discharge\ Sure}$ = *Pressure Discharge Sure (psi)*
$P_{Discharge}$ = *Pressure Discharge (psi)*

8. Selisih *presure surge increment* dan *pressure drop* 6 inch

$$\text{Selisih} = P_{Surge\ Increment} - \Delta P_{pipa\ 6\ inch} \text{.....(8)}$$

Keterangan

$P_{Surge\ Increment}$ = *Pressure surge increment (psi)*
$\Delta P_{pipa\ 6\ inch}$ = *Pressure drop* pipa 6 inch (psi)

ISSN 2775-9083 (Print)
ISSN 2775-9075 (Online)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ukuran panjang pipa pengganti yang dapat digunakan berdasarkan hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Data Hasil Analisis Penggantian Pipa

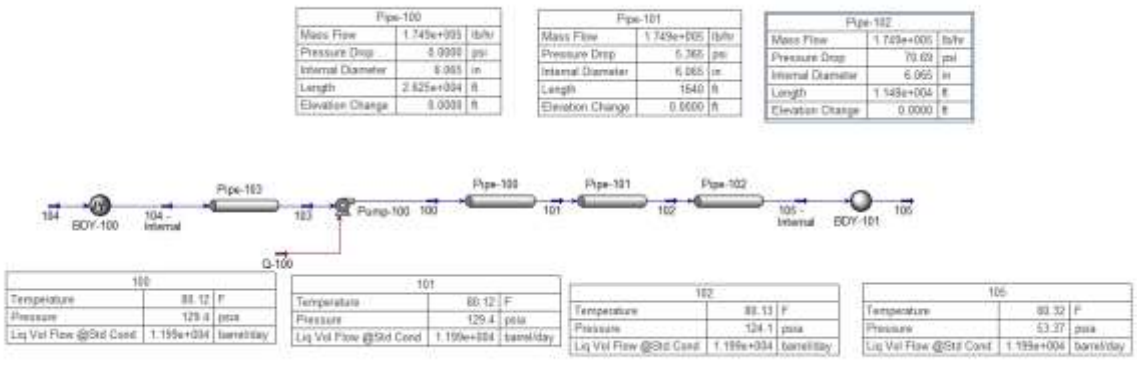
No	Variabel	Pipa 6 inch	Pipa 12 inch
1	Discharge Pompa (psi)	130	130
2	Tekanan Outlet (psi)	53	53
3	Panjang Pipa (m)	12000	36000
4	Pressure Drop Total (psi)	77	77
5	Pressre Drop (psi/m)	0,00642	0,00214

Tabel 2. Data Maksimum Penggantian Pipa 12 inch dan 6 inch

Panjang Pipa Pengganti 12 inch (m)	Pressure Drop pipa 12 inch (psi/m)	Pressure Drop Aktual (psia)	Pressure Drop 6 inch (psia)	Pressure Discharge Surge (psi)	Pressure Discharge (psi)	Pressure Surge Increment (psi)
2.025,97	0,00214	4,33333	13	143	130	13

Penggantian pipa transfer *produced water* dari Nilam ke Badak dilakukan untuk mencegah potensi masalah operasional akibat penggunaan material yang kurang sesuai, di mana pipa HDPE berdiameter 12 inci yang digunakan saat ini memiliki keterbatasan terhadap suhu dan tekanan tinggi meskipun unggul dalam ketahanan korosi, kemudahan pemasangan, serta biaya pemeliharaan rendah. Sebagai alternatif, pipa Carbon Steel (CS) berdiameter 6 inci dipertimbangkan karena lebih kuat dan mampu bekerja pada kondisi suhu dan tekanan tinggi, meskipun memiliki kelemahan seperti risiko korosi, bobot yang lebih berat, serta kebutuhan perawatan lebih tinggi. Perbedaan karakteristik kedua material tersebut membuat analisis teknis menjadi penting untuk memastikan bahwa penggantian pipa dapat meningkatkan keandalan sistem transfer *produced water* secara keseluruhan.

Percobaan diawali dengan simulasi hidraulik menggunakan Aspen HYSYS untuk memastikan kelayakan penggantian pipa. Simulasi dilakukan dalam dua tahap—untuk pipa 12 inci dan pipa 6 inci—karena software tidak mendukung penggunaan dua diameter berbeda dalam satu model.

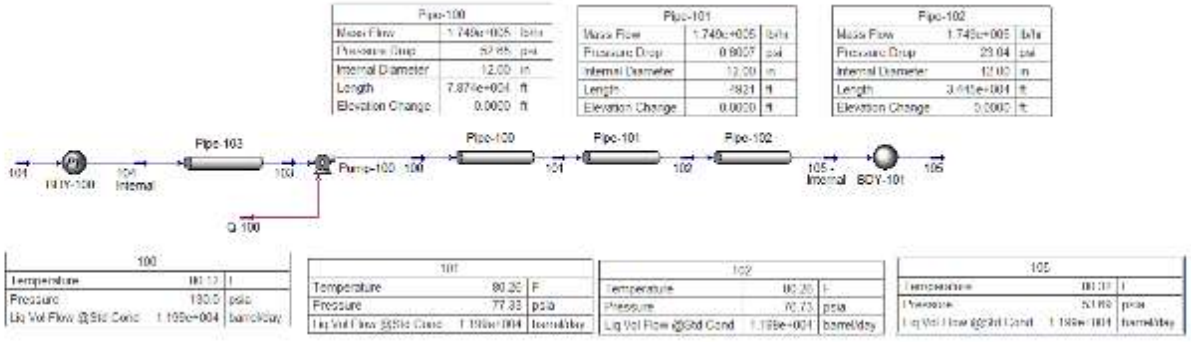


Gambar 1. Simulasi Pipa 6 inch

Pada simulasi pipa 6 inci, fluida mengalir dari BDY-100 menuju pompa melalui Pipe-103, lalu dipompa dengan kenaikan tekanan 105 psi dan efisiensi 75%. Setelah itu fluida melewati tiga segmen pipa: Pipe-100 (800 m, tanpa pressure drop), Pipe-101 (500 m, pressure drop 5,365 psi), dan Pipe-102 (3500 m, pressure drop 70,69 psi), sebelum mencapai BDY-101 dengan tekanan akhir 53,37 psia. Hasil simulasi

ISSN 2775-9083 (Print)
ISSN 2775-9075 (Online)

menunjukkan bahwa pompa berperan penting menjaga aliran dan mengatasi penurunan tekanan sepanjang pipa.



Gambar 2. Simulasi Pipa 12 inch

Aliran fluida dimulai dari BDY-100, melewati Pipe-103, lalu dipompa oleh Pump-100 yang meningkatkan tekanan sebesar 105 psi dengan efisiensi 75%. Fluida kemudian mengalir melalui tiga segmen pipa 12 inci: Pipe-100 (24.000 m, pressure drop 52,65 psi), Pipe-101 (1.500 m, pressure drop 1,402 psi), dan Pipe-102 (10.500 m, pressure drop 23,04 psi), sebelum mencapai BDY-101 dengan tekanan akhir 53,69 psia. Seluruh penurunan tekanan disebabkan oleh gesekan karena tidak ada perubahan elevasi, dan terdapat satu jalur cabang Q-100 yang tidak dijelaskan fungsinya dalam simulasi.

Pada Stream 100, tekanan pada pipa 12” mengalami sedikit peningkatan dibandingkan dengan pipa 6”. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan kondisi aliran, seperti perubahan kecepatan atau turbulensi di dalam pipa. Namun, temperatur kedua pipa tetap sama, menunjukkan bahwa perpindahan panas di sepanjang pipa tidak signifikan pada titik ini. Pada Stream 101, *pressure drop* pada pipa 12 inci jauh lebih kecil dibandingkan pipa 6 inci, menunjukkan bahwa diameter lebih besar mengurangi hambatan aliran, meskipun temperaturnya sedikit lebih tinggi akibat perpindahan panas. Pada Stream 102, ΔP pipa 12 inci kembali lebih rendah, menegaskan resistansi aliran yang lebih kecil, dengan kenaikan temperatur yang juga kecil. Sementara itu, pada Stream 105 perbedaan tekanan antara kedua diameter hampir tidak terlihat dan temperatur sama, sehingga perubahan diameter tidak memberikan dampak signifikan pada titik ini.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa pipa 12 inci memiliki *pressure drop* yang lebih kecil dibandingkan pipa 6 inci pada seluruh stream karena diameter yang lebih besar menghasilkan hambatan aliran lebih rendah. Temperatur pada pipa 12 inci sedikit lebih tinggi, kemungkinan akibat perpindahan panas sepanjang pipa, namun perbedaannya tidak signifikan. Pada stream akhir, perbedaan tekanan antara kedua pipa hampir tidak terlihat, menandakan dampak diameter di titik tersebut minimal. Simulasi dilakukan menggunakan panjang pipa 12.000 m dan 36.000 m untuk melihat pengaruh peningkatan panjang terhadap *pressure drop*, di mana semakin panjang pipa, semakin besar kehilangan tekanannya. Pembagian pipa menjadi tiga segmen dilakukan untuk memudahkan analisis aliran, meskipun software tidak mendukung variasi diameter dalam satu aliran kontinu sehingga masing-masing simulasi menggunakan diameter seragam. Overall, diameter pipa berpengaruh besar terhadap *pressure drop*, sementara pengaruhnya terhadap temperatur relatif kecil.

Setelah simulasi, hasil analisis menunjukkan bahwa pipa 12 inci memberikan rugi tekanan per meter jauh lebih kecil dibandingkan pipa 6 inci, meskipun digunakan pada panjang pipa yang tiga kali lebih besar. Pipa 6 inci memiliki *pressure drop* 0,00642 psi/m, sedangkan pipa 12 inci hanya 0,00214 psi/m, sehingga diameter lebih besar terbukti meningkatkan efisiensi aliran. Berdasarkan perhitungan, panjang maksimum pipa 12 inci yang dapat diganti dengan pipa 6 inci adalah 2.025,97 meter; jika lebih dari itu, *pressure drop* meningkat hingga 13 psia dan *surge pressure* naik menjadi 143 psi, yang dapat mengganggu stabilitas sistem. Karena itu, penggantian

ISSN 2775-9083 (Print)
ISSN 2775-9075 (Online)

pipa hanya aman dilakukan hingga batas tersebut agar tekanan tetap dalam rentang operasi dan sistem perpipaan berfungsi optimal.

SIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa pipa 12" HDPE dapat diganti dengan pipa 6" CS, namun hanya hingga panjang maksimum 2.025,97 meter karena penggantian lebih dari itu akan menyebabkan *pressure drop* berlebih dan tidak memenuhi batas operasional. Simulasi berperan penting dalam proses ini karena memungkinkan perhitungan *pressure drop*, kapasitas aliran, serta evaluasi performa sistem pada berbagai skenario, sehingga batas aman penggantian dapat ditentukan dengan akurat. Secara keseluruhan, sistem transfer *produced water* Nilam–Badak direkomendasikan tetap menggunakan pipa 12" HDPE, dan jika diperlukan penggantian sebagian, penggunaan pipa 6" CS sebaiknya dibatasi pada panjang maksimal tersebut untuk menjaga stabilitas dan efisiensi aliran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas terselasaikannya artikel ini, Penulis ingin mengucapkan Terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Seluruh Manajemen Politeknik Negeri Samarinda Khususnya Pengelola jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda
2. Seluruh Manajemen PT. PERTAMINA HULU SANGA SANGA, khususnya Bagian *Production Enggineering*, dan Seluruh staff dan operator di Badak Operation PT. PERTAMINA HULU SANGA SANGA
3. Pihak-pihak lain yang secara langsung terlibat dalam penyelesaian artikel ini

DAFTAR PUSTAKA

Armansyah, B. (2021). Analisis Pressure Drop Akibat Terjadinya Friction Dengan Persamaan Bernoulli Pada Aliran Pipa Sumur Gas Lapangan PNN. In *Jurnal Teknik Perminyakan* (Vol. 1, Issue 1).

Dimawarnita, F., Arfiana, A. N., Mursidah, S., Maghfiroh, S. R., & Suryadarma, P. (2021). Produksi Biodiesel Berbasis Minyak Nabati Menggunakan Aspen Hysys. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, *31*(1), 98–109. https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2021.31.1.98

Hariz, P. Y. Al. (2018). *Feasibility Study Perancangan Sistem Perpipaan General Service System Pada Kapal Menggunakan Pipa Dengan Material HDPE (High Density Polyethylene)* (Vol. 3, Issue 2).

Nasrudin, Sumadi, & Yuliaji, D. (2021). Studi Kelayakan Material Pipa Pada Design Prototype Pipa Industri. *Almikanika*, *3*(2), 57–64.

Salsabila, S. A., Zakirman, A. Q., Ramadhan, I. T., & Sriana, T. (2024). *Evaluasi Air Terproduksi Dengan Dan Tanpa Menggunakan Filter*. *4*(November), 1033–1038.

Wicaksono, F., Subekti, S., & Indriyanto, K. (2021). Analisis Pengaruh Penyumbatan Aliran Fluida pada Pipa dengan Metode Fast Fourier Transform. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, *6*(1), 77–83. https://doi.org/10.21831/dinamika.v6i1.36339